

第1章 通信电子线路实验基础

• 学习目标

- (1) 了解通信电子线路实验的意义、地位、发展及特点。
- (2) 了解通信电子线路实验的过程、要求与成绩评定。
- (3) 掌握通信电子线路实验的测量方式、方法，误差、故障与数据处理，以及实验报告撰写格式。
- (4) 掌握通信电子线路中常用仪器仪表的使用方法。

• 建议学时

2 学时。

1.1 绪论

通信电子线路实验的主要任务是培养学生的实践、研究与创新能力，因此要突出基本实验技能、科学实验方法的训练，突出电路设计与电路实现能力、使用计算机工具能力的培养，突出研究、探索和创新精神。为此，通信电子线路实验的课程体系与内容需要不断改革。

1.1.1 科学实验的意义与地位

科学实验是科学发展的基础，它即与科学理论密不可分，又与技术发展相辅相成。从本质上讲，科学实验就是利用科学仪器和设备等物质手段，人为控制或模拟自然现象，使自然过程或生产过程以比较直观的方式表现出来，并通过各种方式对实验数据进行采集处理，以揭露或显示自然规律。科学实验是一种在现有条件下研究自然规律的方法，它已成为一门新的学科——实验工程学。实验和理论是辩证的关系，两者紧密相联，不可偏废。科学理论的产生、验证和发展依赖于科学实验，科学实验离不开理论的指导。实验课题的选择、实验的构思和设计、实验方法的确定、实验数据的处理，以及由实验结果提出的科学假说、做出的科学结论等，始终受理论支配。

通信电子线路是一门非常重要的专业基础课，它具有知识面广、物理概念抽象、内容复杂、非线性等特点，学习难度较大。只有加强实验环节的培养，增强学生的动手能力，通过实际测量、试验、验证分析来提高学生对通信电子线路原理的理解。因此，通信电子线路实验是一个非常重要的环节。

1.1.2 实验教学的目的、功能与分类

1. 实验教学的目的

实验教学的目的主要是通过实践的过程来提高学生的认知能力,分析和解决问题的能力,加强理论联系实际和创新能力的培养。作为高等学校教学活动的一个重要组成部分,实验教学对提高教学质量,培养善于应用科学实验进行创造性研究的人才,起着理论教学不可替代的作用。

2. 实验教学的功能

高等学校的学生限于理论与实践的知识,还不能自主进行科学研究,对实验仪器、种类及使用方法等的认识还需要一个渐进的过程,主要还是一个知识积累的过程,所以实验教学的主要功能分为以下几个方面。

(1) 实验验证教学,传统知识传授。在实验仪器的帮助下,通过教师的演示和学生的直接操作,形成直观的印象,从而巩固和加深理论教学内容。

(2) 实验综合训练,综合能力培养。学生掌握一门或多门理论课程和一定的基本实验技能后,可以通过理论指导,遵循一定实验规律,对实验仪器进行组合,再进行一些较为复杂的综合实验,从而比较全面地掌握理论知识和实验技术。

(3) 实验设计探索,创新能力培养。学生在掌握一定的专业知识,并通过前两种功能的完成,掌握了必需的基础理论和比较扎实的实验技术及一定的认识论基础后,可以独立选题,并进行设计、观察、记录和处理数据,归纳、深化、开拓视野,甚至发现新的理论。

(4) 品格培养,积极价值观塑造。通过上述环节的进行,将学生培养成勤奋、进取、严谨、求实、理论联系实际、具有高素质的人才。

3. 实验教学的分类

根据实验教学的功能和实验的性质,实验教学可分为以下3种。

(1) 验证性实验:以验证理论为主,按照课堂理论教学的进度和要求安排观察和操作的实验。

(2) 设计性实验:以综合运用课堂理论和实验技术理论为目的进行的实验。

(3) 综合性实验:以深化和开拓理论为目的,学生在选题、方案拟订等方面具有一定自由度的实验。

1.1.3 通信电子线路实验教学的过程与要求

考虑学生能力培养的渐进过程和实验内容的结构,本书将通信电子线路实验分为4个阶段:验证性实验阶段、仿真和设计阶段、设计性实验阶段、综合性实验阶段。通过通信电子线路实验教学,对学生的培养应该在3个方面有明显提升,如表1.1所示。

表 1.1 通信电子线路实验教学的要求

达成目标	内 容
知识传授	(1) 通信电子线路实验的基础知识 (2) 通信电子线路典型功能模块的技术原理、电路结构、性能指标及电路设计的要求 (3) 通信电子线路功能电路的设计实现 (4) 通信电子线路的计算机仿真与设计 (5) 无线通信发射机与接收机的设计
能力提升	(1) 实验方案拟制能力 (2) 电路性能调测能力 (3) 电路故障排除能力 (4) 实用电路应用能力 (5) 实验报告撰写能力
价值观塑造	(1) 积极主动的责任与担当意识 (2) 正确的知识研究与应用价值观 (3) 良好的团队合作意识 (4) 正确的国防和自我认识 (5) 良好的工作作风、实事求是的科学态度和踏实细致的工作作风 (6) 科学创新意识

1.2 通信电子线路实验测量、误差与故障

实验测量是通信电子线路实验的重要内容。借助仪器仪表获取被测对象量值，从而获得反映研究对象特性的信息，有助于认识事物，掌握事物发展变化的规律，探寻解决问题的方法。借助科学的测量方式、方法和先进的仪器设备，可以使通信电子线路的实验误差向更准确的控制方向发展，能够极大地提高实验质量。

1.2.1 测量方式

测量是指以获取被测对象量值为目的的全部操作，从电子测量结果中可获得反映研究对象特性的信息，有助于认识事物和解决问题，掌握事物变化发展的规律。测量可分为直接测量、间接测量、组合测量 3 种方式。表 1.2 列举了 3 种方式的基本测量思想和测量特点。

表 1.2 测量方式的思想和特点

测量方式	思 想	特 点
直接测量	利用仪器仪表直接测量获得测量结果的方式，如使用万用表直接测量电压、电流、电阻等	简单方便
间接测量	利用被测量数值与几个物理量之间存在的某种函数关系，直接测量这些物理量的值，再由函数关系计算出被测值，如测量调谐放大器的电压放大倍数 K ，一般是分别测量电路输出电压 U_o 和输入电压 U_i ，通过放大倍数公式计算出 K	常用于被测量不便直接测量，或者间接测量的结果比直接测量更为准确的场合

续表

测量方式	思 想	特 点
组合测量	综合利用直接测量和间接测量获得测量结果的方式，将被测量和另外几个量组成联立方程，通过求解方程得到被测量的大小，如某带有负载的调谐放大器，要测量其开路输出电压 U_o 和内阻 R_o ，需要根据端口和负载直接的伏安特性关系式计算，一个方程式有两个被测量，需要改变负载值以获得两组测量值，计算出 U_o 和 R_o 。	用计算机求解比较方便

1.2.2 测量方法

测量方法有直读法、比较测量法、时域测量法、频域测量法等。

直接从仪器仪表上读数得到测量值的方法称为直读法。例如，用万用表测量电压、电流、电阻，用功率表测量功率等。

在测量过程中，将被测量与标准量直接进行比较获得测量结果的方法称为比较测量法。例如，电桥利用标准电阻对被测量进行测量。比较测量法的特征是标准量直接参与被测量过程，测量准确、灵敏度高，适合精密测量，但是测量过程比较麻烦。

需要注意的是，测量方式与测量方法在概念上有区别。用万用表或功率表直接测量的方法，既是直接测量方式，也是直读法。但是，用电桥测量电阻是直接测量方式，不属于直读法，而属于比较测量法。

1.2.3 测量误差

在通信电子线路实验中，为准确获取被测量值，必须准确测量。需要选用合适的仪器设备，借助一定的实验方法，以获取实验数据，并针对这些实验数据进行一定的计算、误差分析与数据处理。

被测量有一个真实值，它由理论计算得出，我们将其定义为真值。实际测量时，由于受测量仪器精度、测量方法、环境条件、测量者能力等的限制，实际测量值与真值之间不可避免地存在差异，这种差异表现在数值上称为误差。误差可以被控制得越来越小，但是误差自始至终存在于所有实验中。

1. 测量误差的来源

测量误差主要来源及产生原因如表 1.3 所示。

表 1.3 测量误差主要来源及产生原因

误差来源	产生原因
仪表误差	由于仪表的电气或机械性能不完善产生的误差
方法误差 (理论误差)	由于使用测量的方法不完善、理论依据不严密、对某些经典测量方法做了不适当的修改或简化产生的误差。 例如，利用伏安表测量电阻时，直接以电压表示值与电流表示值之比作为测量结果，而不计电表本身内阻的影响，这样就会引起误差
操作误差 (使用误差)	在使用仪表过程中，因安装、调节、布置、使用不当引起的误差
人身误差	由于人的感觉器官和运动器官的限制造成的误差

续表

误差来源	产生原因
影响误差 (环境误差)	由于温度、湿度、大气压、电磁场、机械振动、声音、光照、放射性等因素造成的误差

2. 测量误差的分类与减小方法

根据误差的性质和特点, 测量误差可分为系统误差、随机误差 (偶然误差) 和疏失误差 (粗大误差) 3 类。

1) 系统误差

实验时, 在规定条件下对同一被测量进行多次测量, 如果误差的数值保持稳定, 或者按照某种规律变化, 则称这类误差为系统误差。

系统误差产生的原因: 测量仪器不准确; 测量设备安装、放置不当; 测量时的环境条件与仪器要求的环境条件不一致; 测量方法不完善或所依据的理论不严格, 采用了不适合的简化和近似; 测量人员读数不准确, 习惯性偏于某一方向或滞后读数等。

系统误差的产生原因是多方面的, 针对上述原因, 可以适当采取相应措施消除或减小系统误差: 定期对测量仪器采用高一级的标准仪器进行鉴定和校准, 求出其修正值, 对测量结果进行校正; 仪器的放置位置、工作状态、使用环境条件, 以及附件的连接和使用要符合规定; 实验者要善于正确操作所使用的仪器仪表, 提高实验水平, 增强责任心, 改变不正确的习惯; 采用数字式仪器仪表代替指针式仪器仪表。

2) 随机误差 (偶然误差)

在规定条件下, 对同一被测量进行连续多次测量, 若误差数值发生不规则变化, 则这种误差称为随机误差。随机误差多由互不相关的诸多因素造成。

随机误差产生的原因: 电路热噪声、外界干扰、电磁场变化、大地微震等。

随机误差无法预知, 但是多次测量时, 随机误差的绝对值不会超过一定界限, 绝对值相等的正负误差出现的概率相同, 如果测量次数足够, 则随机误差的均值趋于 0。因而, 在实验中, 若发现在相同条件下, 某一被测量的测量结果不同, 则应在同条件下多次重复测量, 取全部实验数据的平均值作为测量结果, 这样能够减小随机误差。

3) 疏失误差 (粗大误差)

在一定测量条件下, 测量结果显著地偏离真值, 这种误差称为疏失误差。

疏失误差产生的原因: 测量者缺乏经验、操作不当等造成测错、读错、记错或算错测量结果的情况; 此外, 仪器有缺陷、测量方法错误、电源电压不稳、机械冲击等情况也会造成这种误差。

疏失误差明显歪曲了测量结果, 含有疏失误差的测量数据称为坏值, 一经确认应该删除不用。

3. 测量误差的表示方法

1) 绝对误差

被测量的仪器读数 (实验数据) X 与真值 (理论数据) A 之间的差值称为绝对误差 ΔX , $\Delta X = X - A$, ΔX 是具有大小、正负和量纲的数值, 其大小和正负表征测量结果偏离真值的程度和方向。

2) 相对误差

绝对误差 ΔX 与被测量真值 A 之比（用百分数表示）称为相对误差 γ ，即

$$\gamma = \frac{\Delta X}{A} \times 100\%$$

1.2.4 实验故障处理方法

实验过程中会出现各种故障，能够根据现象发现故障，并通过查找和分析，排除故障是学生必须具备的基本技能，也是培养学生综合分析能力和解决问题能力的一个重要方面。学生需要具备扎实的理论知识、灵活的实验方法和熟练的仪器仪表操作技能，才能及时发现问题，当即采取措施，提高实验质量。

1. 实验的一般故障

通信电子线路实验故障现象和产生原因很多，最常见的有以下几种。

(1) 电源接错。实验电路中有多个电源，以 MC1496 振幅调制电路实验为例，电源有正电源（+12V）、负电源（-12V），再加上参考地（GND），一旦接反，容易造成电路元器件烧毁或电路不正常工作。

(2) 操作不当。实验粗心，使用仪表操作不当也容易导致元器件烧毁等故障，如万用表电流挡测量并入电路的电压、示波器测量探头接反等。

2. 故障判断

(1) 破坏性故障。实验中，出现冒烟、有焦味、元器件发热严重，可判别有故障。

(2) 非破坏性故障。当稳压电源无电压指示、电路指示灯灭、电压测量结果突然为零等明显不正常的现象出现时，可判别有故障。

(3) 不确定故障。电路工作不正常，结果时好时坏，可判别有故障。

3. 故障诊断与排除

出现故障后，需要及时查找故障源，并排除故障，一般遵循以下原则。

(1) 一旦发现问题，应立即切断实验电源，避免故障扩大。

(2) 根据故障现象，对故障类型进行初步判断，然后选择合适的故障检查方法。

① 如果是破坏性故障，不能采用通电方法检查，要采用直观检查法。对照电路原理图，用万用表欧姆挡检查电路中应该连接的点是否正确。

② 如果是非破坏性故障，也应切断电源再进行观察，确定可以通电时再采用通电检查的方法。首先用万用表电压挡测量电源电压，若电源电压准确则将其加至电路，测量电路中各处的电源到地的电压是否正确，然后测量电路的静态工作点是否正确。最后，在已知电路正常工作时，各处电压、波形的情况下，借助示波器等仪器逐级逐模块测量输入、输出信号是否正确，集成电路需要测量各引脚信号是否正确，找到出现异常的地方，通过分析逐步缩小故障范围，直到找到准确的故障点。

③ 如果是不确定故障，故障可能比较隐蔽，可利用关键元器件更换的方法更换可能损坏的元器件，再进行调试，如果故障消失，则说明该元器件损坏；反之，就是其他原因引

起的故障。这样能够快速排除故障，有利于进一步查找故障。

需要注意的是，在故障诊断过程中，采用前后级电路断开测量的方法对准确定位故障很有帮助，能够有效缩小故障范围。

1.3 通信电子线路实验数据处理与报告撰写

1.3.1 实验数据处理

实验数据处理是指对实验测量所得数据的计算、分析和整理，有时还要归纳成一定的表达式，或者画出表格、曲线图等。数据处理是建立在误差分析的基础上，通过分析来得到正确的科学结论。数据处理的方法包括有效数字及数字的舍入、非等精度测量与加权平均、最小二乘法回归分析等。

1. 有效数字

当实验数据存在误差，计算无理数需要近似时，数值采用有效数字表示。利用有效数字记录数据结果时，需要注意以下几点。

(1) 有效数字的表示。有效数字是指从数据左边第一个非零数字开始，直到右边最后一个数字为止所包含的数字。例如，0.08702A，有效数字为8、7、0、2，左边的两个“0”不是有效数字，中间的“0”为有效数字。

(2) 有效数字的取舍。有效数字的末位数字与测量精度有关，因而当末位数字为0时，不能随意舍弃。例如，0.840A，表明测量误差不超过0.0005A，而0.84A则表示测量误差不超过0.005A，测量精度不同。有效数字的取舍应该与实验数据的误差要求保持一致。

(3) 有效数字的位数不应因为单位的不同而变化。例如，2A等同于 $2 \times 10^3 \text{mA}$ ，不等同于2000mA，因为两者对应的测量精度不同。2.000A等同于2000mA，两者有效数字位数相同，对应的测量精度一致。

2. 有效数字的取舍规则

保留有效数字时，为减小累积误差，实验数据的取舍规则一般不采用只舍不入、四舍五入等规则，而采用“小于5舍，大于5入，等于5偶”规则进行取舍。

(1) 若第 $n+1$ 位及其后面的数字小于第 n 位单位数字的一半，则舍弃；若大于第 n 位数字的一半时，则第 n 位数字进1。例如，35.46，3位有效数字为35.5。

(2) 若第 $n+1$ 位及其后面的数字恰好等于第 n 位单位数字的一半，则当第 n 位数字为偶数或为零时，则舍弃后面的数字；当第 n 位数字为奇数时，则第 n 位数字进1。例如，373.5，3位有效数字为374。

采用这些规则对测量数据或计算结果的多余位数进行处理，实际上是从不确定处对齐截断，这样做既能正确反映被测量的真实和可信程度，又可以使数据的表达避免冗长和累赘。

3. 实验数据的整理和表示方法

1) 实验数据的整理

实验过程中记录的原始测量数据需要进行整理,再通过分析、评估,给出切合实际的实验结果和结论。通常将原始数据按序排列,剔除坏值和偏差较大的值,补测缺损数据。

2) 实验数据的表示方法

经过整理的实验数据采用列表或图形的方式表示出来,体现实验规律和结果。列表法是常用的实验数据表示方法,其特点是形式紧凑,方便数据的比较和检验。图形法则更加直观、形象,能够清晰地反映出变量之间的函数关系和变化规律。

1.3.2 实验报告撰写

实验报告既是对一次实验的完整性总结,也是为积累更多实践经验,对提高技术报告和科技论文的撰写水平有很大帮助。一份完整的实验报告一般包含 9 个部分:标题、实验目的、实验仪器与设备、实验原理、实验内容与步骤、实验数据处理、结果分析、思考题、小结。实验报告编写案例如下。

小信号调谐放大器 (标题)

姓 名: _____ 学 号: _____ 专 业: _____
实验地点: _____ 实验时间: _____ 设备编号: _____
同组人员: _____ 指导老师签字: _____ 成 绩: _____

一、实验目的

- (1) 熟悉小信号调谐放大器的电路结构和工作原理。
- (2) 熟悉谐振回路的幅频特性分析,以及小信号调谐放大器幅频特性的测试方法。
- (3)

二、实验仪器与设备

- (1) 小信号调谐放大器实验电路板, 1 块。
- (2) 直流稳压电源, 1 台。
- (3)

三、实验原理

1. 基本概念

接收机射频前端接收的射频信号微弱,并且伴有噪声、干扰等有害信号,小信号调谐放大器具有选择性地对某一频率范围的高频小信号进行放大的功能。所谓小信号,通常是指输入信号电压一般为 $\mu\text{V}\sim\text{mV}$ 数量级,由于信号小,因此认为调谐放大器工作在晶体管的线性放大状态.....

2. 原理电路

小信号调谐放大器原理电路和频率响应曲线如图 1.1 和图 1.2 所示。……

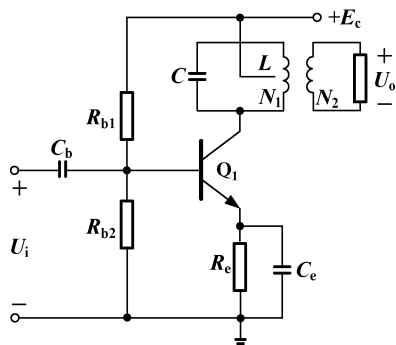


图 1.1 原理电路

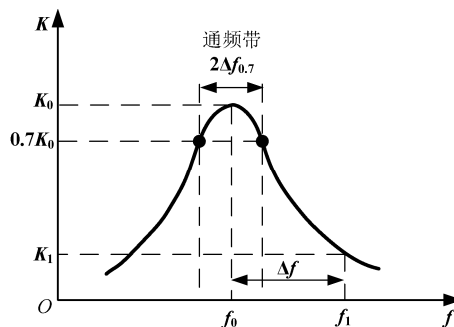


图 1.2 频率响应曲线

3. ……

四、实验内容与步骤

1. 硬件焊接与调试

按照原理图和相关参数焊接电路。多用表选择二极管挡测试电路板的短路情况，确定没有问题后，接通电源，此时电源指示灯亮。

2. 测量并调整静态工作点

(1) 测量静态工作点 (U_{BQ} 、 U_{EQ} 、 U_{CQ})。

(2) 输入施加 300mVrms、5MHz 正弦波信号，测量、观察输入输出电压波形；调整可调电阻 R_{b2} ，使得输出电压波形最好、幅值最大。

3. ……

五、实验数据处理

1. 测量调谐放大器的幅频特性

(1) 扫频法。扫频法是指保持输入信号的幅度不变，调整其频率，利用示波器观察调谐放大器输出电压幅度，画出调谐放大器的幅频特性曲线。在实验电路上，保持函数信号发生器输出正弦波幅度为 300mV，逐步改变频率，从示波器上读出与频率相对应的调谐放大器输入、输出电压幅值，将数据填入表 1.4 中。

表 1.4 测量调谐放大器的幅频特性（扫频法）

输入电压 频率 f/MHz	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
输入电压 幅值 U_i/mV															

续表

输入电压 频率 f/MHz	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
输出电压 幅值 U_o/mV															
电压放大倍数 K															

(2) 点测法。保持输入信号幅度和频率均不变……

六、结果分析

1. 调谐放大器的性能指标计算

- (1) 计算电压放大倍数 K 。
- (2) 计算调谐放大器的通频带及带宽 B 。
- (3) ……

2. 结果分析

- (1) 比较直流工作点理论计算数据和实测结果。
- (2) 分别分析直流工作点和集电极负载电阻对调谐放大器性能的影响。
- (3) ……

七、思考题

- (1) 为什么要进行静态测量？
- (2) 如何判断谐振回路处于谐振状态？
- (3) 本实验电路中，为什么谐振回路中的电容是由一个固定电容和一个可调电容组成的，而且两者之间的并联值要比理论计算值取得小一点？
- (4) ……

八、总结本实验体会

1.4 常用实验仪器与仪表设备

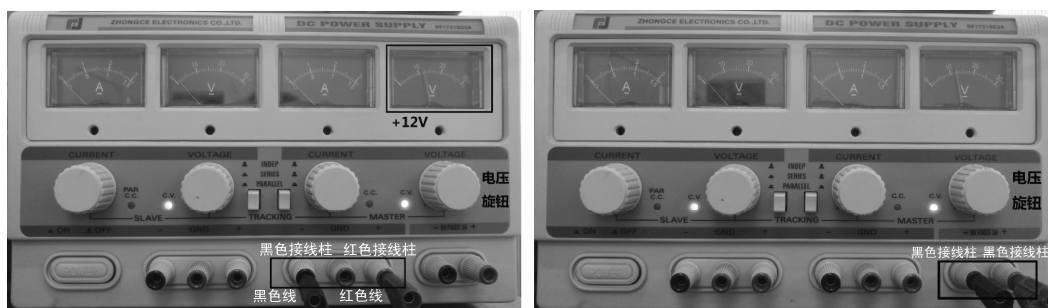
仪器仪表是科学实验过程中进行测量的主要工具，通过对通信电子线路实验常用仪器仪表的学习，了解仪器仪表的性能指标，掌握仪表正确的使用方法，是进行科学实验必须具备的基础能力。

1.4.1 直流稳压电源

直流稳压电源为实验电路提供直流电源电压，图 1.3 所示为常用直流稳压电源仪器。在通信电子线路实验中，主要涉及以下应用需求。

1. 单电源应用

小信号调谐放大器的实验中采用+12V 直流电压单电源供电，其接线如图 1.3 (a) 所示，可采用红色线连接图 1.3 (a) 中右路电源输出的红色接线柱，为+12V 电压输出，用黑色线连接同一路的黑色接线柱，为参考地，电压输出调整为+12V。注意，电源选择电压输出模式，两路电源设置为独立工作。应用+5V 单电源直流电压时，可使用仪器固定+5V 输出端口，如图 1.3 (b) 所示。



(a) +12V 直流电压输出

(b) 固定+5V 直流电压输出

图 1.3 常用直流稳压电源仪器的单电源应用

2. 正负电源同时应用

+12V 和-12V 同时输出应用时，注意稳压电源两路输出端参考地的连接。如图 1.4 (a) 所示，左路输出-12V，(可采用黄色线连接该路电源的黑色接线柱)，右路输出为+12V (标准采用红色线连接红色接线柱)，并且左路的红色接线柱与右路的黑色接线柱相连接，作为两路电源输出的共同参考地。

3. 三电源同时应用

当需要+12V、-12V 和+5V 三路电源同时使用时，固定+5V 的黑色接线柱与正负电源的参考地相连即可，如图 1.4 (b) 所示。



(a) $\pm 12V$ 同时应用

(b) $\pm 12V$ 和+5V 同时应用

图 1.4 常用直流稳压电源仪器的多电源应用

1.4.2 函数信号发生器

DG1032 函数/任意波形发生器是一款集函数发生器、任意波形发生器、噪声发生器、

脉冲发生器、谐波发生器、模拟/数字调制器、频率计等功能于一身的多功能信号发生器。

通信电子线路实验中主要涉及小信号正弦波，以及调制 AM、FM、PM 等调制波、扫频信号，下面主要说明如何利用 DG1032 设置输出这些波形。

1. DG1032 操作面板与基本参数

DG1032 函数/任意波形发生器的前、后面板结构如图 1.5 和图 1.6 所示。前面板主要包括显示屏(可同时显示两路信号波形)、软菜单(结合显示屏对指定波形进行参数选择设置)、波形选择区、数字键盘区(输入参数值)、方向旋钮(微调参数值)、输出控制(两路输出控制)、输出连接器及电源开关。除此之外，还有 USB 接口(可外接存储设备)。

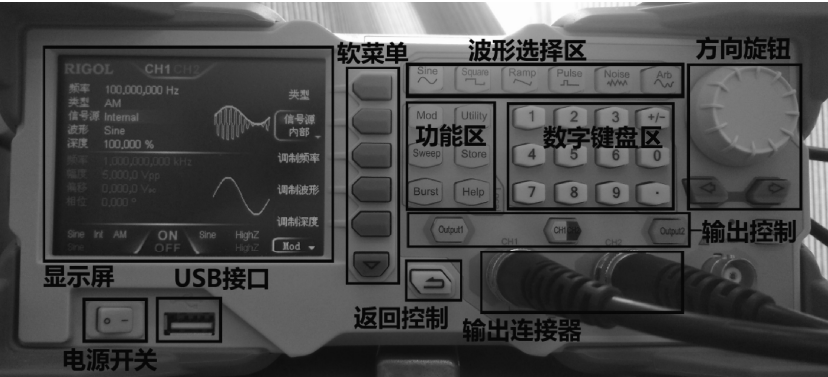


图 1.5 DG1032 的前面板



图 1.6 DG1032 的后面板

表 1.5 列举了 DG1032 函数/任意波形发生器的输出波形及基本参数。使用时，注意指标限制，如正弦波最高输出频率为 20MHz。

表 1.5 DG1032 的输出波形及基本参数

输出波形	频率范围	幅度范围
正弦波	1μHz~20MHz	CH1 通道: 2mVpp~10Vpp (50Ω), 4mVpp~20Vpp (高阻) CH2 通道: 3Vpp (50Ω), 6Vpp (高阻)
方波	1μHz~5MHz	
锯齿波	1μHz~150kHz	
脉冲波	500μHz~3MHz	
白噪声	5MHz 带宽 (−3dB)	
任意波形	1μHz~5MHz	

2. DG1032 使用方法

1) 仪器开机初始化

给仪器加上 220V 的交流电压，按下电源开关键，仪器进行自检初始化，首先功能键全亮；其次屏幕显示“RIGOL”，功能键再次全亮；最后进入仪器复位后的初始化状态，如图 1.7 所示。波形选择区“Sine”按键亮，屏幕显示当前 CH1 通道波形为“正弦波”。



图 1.7 DG1032 仪器初始化界面

仪器默认初始化通道为 CH1，波形为正弦波，频率 1.000000000kHz，幅度 5.0000Vpp，偏移 0.0000V_{DC}，相位 0.000°。

2) 波形输出通道选择

按功能键“Output1”或“Output2”，使能 CH1 或 CH2 通道输出波形信号，两通道可以同时被使能，输出两路信号。选择 CH1 通道输出正弦波，如图 1.8 所示。



图 1.8 DG1032 仪器波形输出通道选择

3) CH1 路波形选择与设置

- (1) 反复按功能键“CH1|CH2”可循环选择 CH1 或 CH2 通道进行波形参数设置。
- (2) 在仪器的波形选择区选择 6 种波形之一输出，按该波形对应的软键。
- (3) 反复按界面中参数右侧对应的软键，可进行参数选择，如频率/周期。
- (4) 在数字键盘区输入参数值，并结合软菜单按键为参数选择合适的单位。

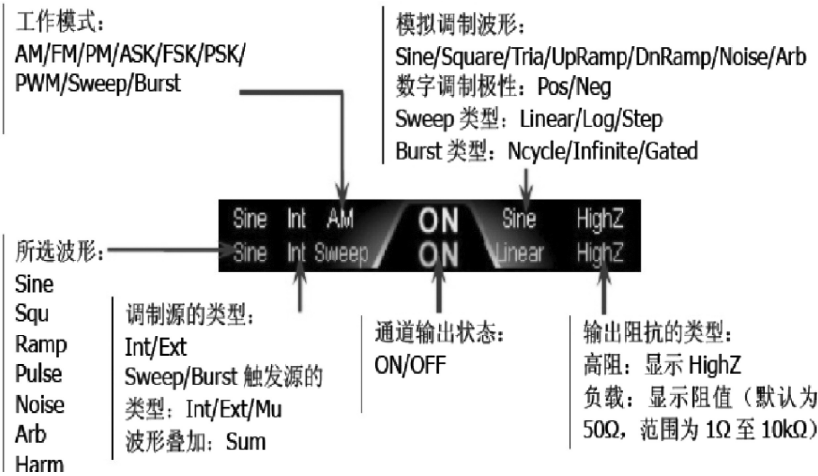
注意：方向旋钮支持参数值的微调，方向旋钮下方的左右键则支持指定数值的调整，在小信号调谐放大器实验中，采用扫频法测试时，可采取方向旋钮操作。

此外，结合功能区中的 Mod 功能，可进行输出波形的调制输出，AM、FM、PM 等输出相关设置如图 1.9 所示。在图 1.9 (a) 中，选择 CH1 通道输出 AM 波形，可设置调

制类型（AM、FM 等）、信号源（来自外部或内部）、调制频率、调制波形、调制深度等，设置结果如图 1.9（b）所示。



(a) CH1 通道输出 AM 波设置



(b) CH1 通道输出 AM 波形设置结果

图 1.9 CH1 通道输出 AM 波信号状态

对 Utility、Sweep、Store、Burst、Help 等功能的使用不再详述，主要涉及通道的耦合设置、通道复制、语言设置、波形数据存储等实用功能，学习者可自行研究应用。

若希望通过 CH2 通道输出信号波形，则其选择与设置操作相同。

3. DG1032 使用实例

【例 1.1】小信号调谐放大实验。要求 DG1032 输出一路小信号高频正弦波信号，具体参数为：正弦波形，频率 1MHz，幅度 100mVpp，偏移量 500mV_{DC}，初始相位 10°。

操作步骤如下。

(1) 选择输出通道，进行波形设置。选择 CH1 或 CH2 作为输出通道，按“CH1|CH2”键进入相应通道的设置。

(2) 选择波形，设置频率值。

① 按“Sine”键，设置波形为正弦波。

② 按频率/周期菜单切换键，选中频率。

③ 使用数字键盘输入“1”，选择单位“MHz”，设置频率为1MHz。

(3) 设置幅度值/偏移量。

① 按幅度/高电平软键切换，选中幅值。

② 使用数字键盘输入“100”，选择单位“mVpp”，设置幅值为100mVpp。

③ 按偏移/低电平软键切换，选中偏移。

④ 使用数字键盘输入“500”，选择单位“mV_{DC}”，设置偏移量为500mV_{DC}。

(4) 设置相位。

① 按起始相位软键使其反色显示。

② 使用数字键盘输入“10”，选择单位“°”，设置初始相位为10°。

(5) 启用输出。

按“Output1”键，使灯变亮，选择CH1通道输出频率为1MHz、幅度为100mVpp、偏移量为500mV_{DC}、初始相位为10°的正弦波。

【例1.2】振幅调制解调实验。要求DG1032输出一路AM波信号，具体参数：调制类型AM，载波频率1MHz，载波幅度500mVrms，调制频率1kHz，调制波形正弦波，调制深度50%。

操作步骤如下。

(1) 选择输出通道。选择CH1或CH2作为输出通道，按“CH1|CH2”键进入相应通道的设置。

(2) 载波参数选择设置。

① 按“Sine”键，设置波形为正弦波。

② 按频率/周期菜单切换键，选中频率。

③ 使用数字键盘输入“1”，选择单位“MHz”，设置频率为1MHz。

④ 按幅度/高电平软键切换，选中幅值。

⑤ 使用数字键盘输入“500”，选择单位“mVrms”，设置幅值为500mVrms。

(3) 调制参数选择设置。

① 按“Mod”软键，进入调制参数设置界面。

② 按类型软键，选择调制类型为AM。

③ 按信号源软键，切换信号源为内部或外部。

④ 按调制频率软键，使用数字键盘输入“1”，选择单位“kHz”，设置调制频率为1kHz。

⑤ 按调制波形软键，选择Sine。

⑥ 按调制深度软键，使用数字键盘输入“50”，选择“%”，设置调制深度为50%。

⑦ 按“Mod”软键，载波抑制，反复按载波抑制软键，切换载波抑制关闭或打开，设置调制为普通AM波或DSB波。

(4) 启用输出。按CH1的“Output1”键或CH2的“Output2”键，使灯变亮，相应通道输出信号。

1.4.3 数字多用表

数字多用表种类多，基本使用方法在电路、模拟电子电路等实验课程中都已介绍，在通信电子线路实验中应用相同，本书不再赘述。

1.4.4 数字示波器

示波器是一种主要用来观察电信号波形的电子测试仪器，用途上分为超低频示波器、高频示波器、单踪示波器、双踪和多踪示波器、由电子枪与示波管组成的模拟示波器，以及由高速采样电路与液晶屏组成的数字式存储示波器。大家只需熟悉并掌握其中一两种示波器的使用方法即可，对于其他形式的示波器，通过阅读使用说明书或操作演示，也不难掌握其操作要领。在示波器的使用过程中，应当注意示波器的技术指标与使用条件。

- (1) DC 直流耦合。
- (2) AC 交流耦合。
- (3) 灵敏度。
- (4) 输入阻抗。
- (5) 标准信号。

基本要求和注意事项：熟悉示波器面板上的各项功能按键和旋钮，能够熟练调节面板旋钮，稳定显示被测信号的波形，并能估算被测信号的幅度与周期。高频测量时，连接线要尽可能短，要就近接地，并考虑探头阻抗的影响。